###

19.11.26 г. (c) *Дорошин АВ.*

> ### Диаграмма Фейгенбаума

>

> ### ТОчки параметра удвоений периода:

>

$$r_1 = 3, \qquad r_2 = 1 + \sqrt{6} \approx 3{,}4495, \qquad r_3 \approx 3{,}5441, \qquad r_4 \approx 3{,}5644, \ \ldots$$

$$r_\infty \approx 3{,}5699457$$

>

> ###----------

> $r := 2.55$; ### исследуемое значение параметра - случай 1: r=2.55

$$r := 2.55 \tag{1}$$

>

> $f := x \to r \cdot x \cdot (1 - x)$; ### логистическое отображение

$$f := x \mapsto r \cdot x \cdot (1 - x) \tag{2}$$

> $eps := 0.001$;

малая величина для смещения с изначального стационарного значения точки отображения

$$eps := 0.001 \tag{3}$$

> ### Точка стационарного значения отображения + сбивка на eps

> $y[1] := \frac{(r-1)}{r} + eps$;

$$y_1 := 0.6088431373 \tag{4}$$

> ### Вычисление серии итераций - случай 1: r=2.55

```
> for i from 1 by 1 to 1000 do  y[i + 1] := f(y[i])  end do:
```

> ### вывод последних 20 (считаем, что уже стабилизированных) точек:

```
> for i from 980 by 1 to 1000 do  print(y[i]); end do:
```

0.6078431372
0.6078431373
0.6078431372
0.6078431373
0.6078431372
0.6078431373
0.6078431372
0.6078431373
0.6078431372
0.6078431373

0.6078431372
0.6078431373
0.6078431372
0.6078431373
0.6078431372
0.6078431373
0.6078431372
0.6078431373
0.6078431372
0.6078431373
0.6078431372 **(5)**

> ### *Итог: имеем цикл с периодом 1 --- кадая первая точка*

>

> ### ----------

> $r := 3.15$; ### *исследуемое значение параметра - случай 2: r=3.15*

$r := 3.15$ **(6)**

>

> $f := x \to r \cdot x \cdot (1 - x)$; ### *логистическое отображение*

$f := x \mapsto r \cdot x \cdot (1 - x)$ **(7)**

> $eps := 0.001$;
малая величина для смещения с изначального стационарного значения точки отображения

$eps := 0.001$ **(8)**

> ### *Точка стационарного значения отображения + сбивка на eps*

> $y[1] := \frac{(r-1)}{r} + eps$;

$y_1 := 0.6835396825$ **(9)**

> ### *Вычисление серии итераций - случай 2: r=3.15*

```
> for i from 1 by 1 to 1000 do  y[i + 1] := f(y[i])  end do:
```

> ### *вывод последних 20 (считаем, что уже стабилизированных) точек:*

```
> for i from 980 by 1 to 1000 do  print(y[i]); end do:
```

0.5334941758
0.7839661417
0.5334941756
0.7839661416
0.5334941758
0.7839661417
0.5334941756
0.7839661416

0.5334941758
0.7839661417
0.5334941756
0.7839661416
0.5334941758
0.7839661417
0.5334941756
0.7839661416
0.5334941758
0.7839661417
0.5334941756
0.7839661416
0.5334941758 **(10)**

> ### *Итог: имеем цикл с периодом 2 --- кадая вторая точка из повторяющейся пары точек*

>

>

> ### ----------

> $r := 3.55$; ### *исследуемое значение параттра - случай 3: r=3.55*

$$r := 3.55 \quad \textbf{(11)}$$

>

> $f := x \to r \cdot x \cdot (1 - x)$; ### *логистическое отображение*

$$f := x \mapsto r \cdot x \cdot (1 - x) \quad \textbf{(12)}$$

> $eps := 0.001$;
малая величина для смещения с изначального стационарного значения точки отображения

$$eps := 0.001 \quad \textbf{(13)}$$

> ### *Точка стационарного значения отображения + сбивка на eps*

> $y[1] := \frac{(r-1)}{r} + eps$;

$$y_1 := 0.7193098592 \quad \textbf{(14)}$$

> ### *Вычисление серии итераций - случай 3: r=3.55*

```
> for i from 1 by 1 to 1000 do  y[i + 1] := f(y[i])  end do:
```

> ### *вывод последних 20 (считаем, что уже стабилизированных) точек:*

```
> for i from 980 by 1 to 1000 do  print(y[i]); end do:
```

0.3548004479
0.8126556697
0.5404748342
0.8816843465

0.3703255617
0.8278051172
0.5060305082
0.8873708970
0.3548004479
0.8126556697
0.5404748342
0.8816843465
0.3703255617
0.8278051172
0.5060305082
0.8873708970
0.3548004479
0.8126556697
0.5404748342
0.8816843465
0.3703255617 **(15)**

> ### *Итог: имеем цикл с периодом 4 --- кадая четвертая точка из повторяющейся четверки точек*

>

> ### ----------

> $r := 3.567$; ### *исследуемое значение параметра - случай 4: r=3.567*

$$r := 3.567 \quad \textbf{(16)}$$

>

> $f := x \to r \cdot x \cdot (1 - x)$; ### *логистическое отображение*

$$f := x \mapsto r \cdot x \cdot (1 - x) \quad \textbf{(17)}$$

> $eps := 0.001$;
малая величина для смещения с изначального стационарного значения точки отображения

$$eps := 0.001 \quad \textbf{(18)}$$

> ### *Точка стационарного значения отображения + сбивка на eps*

> $y[1] := \frac{(r-1)}{r} + eps$;

$$y_1 := 0.7206523689 \quad \textbf{(19)}$$

> ### *Вычисление серии итераций - случай 4: r=3.567*

```
> for i from 1 by 1 to 2000 do  y[i + 1] := f(y[i])  end do:
```

> ### *вывод последних 20 (считаем, что уже стабилизированных) точек:*

```
> for i from 1980 by 1 to 2000 do  print(y[i]); end do:
```

0.4810571620

0.8904700495
0.3479007120
0.8092303323
0.5506613378
0.8825950407
0.3696162312
0.8311112600
0.5006831445
0.8917483351
0.3443340740
0.8053148822
0.5592443286
0.8792302206
0.3787598967
0.8393180871
0.4810571620
0.8904700495
0.3479007120
0.8092303323
0.5506613378 **(20)**

> ### *Итог: имеем цикл с периодом 8 --- кадая восьмая точка из повторяющейся восьмерки точек*

>

>

>

> ##########\
##########

> ##########\
##########

> ### *Диаграмма:*

> *with*(*plots*) :

> *nr* := 100; ### *число точек диапазона изменения параметра r*

$nr := 100$ **(21)**

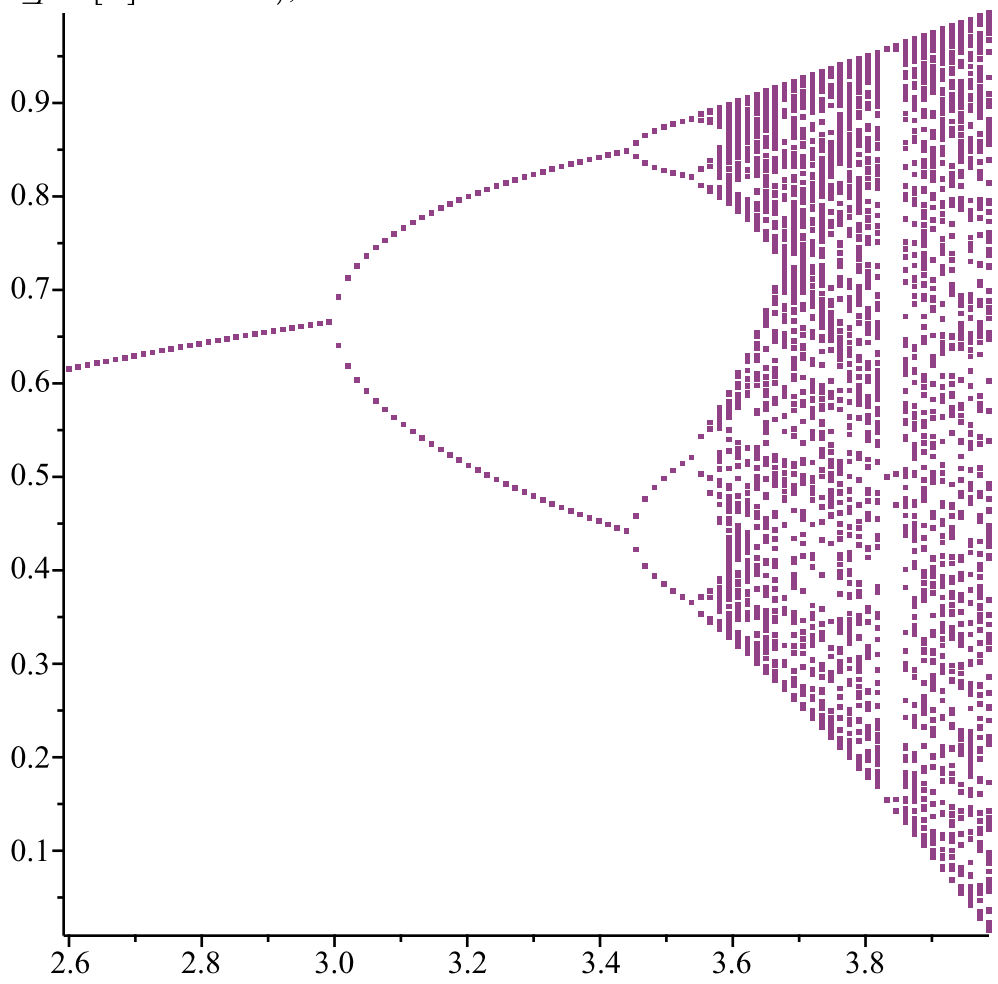
> *Np* := 128·10; ### *число итераций стабилизации точек при выходе на цикл*

$Np := 1280$ **(22)**

> *NumP* := 128 ;
число точек, выводимых на диаграмму для каждого цикла (т.е. считается, что максимальный повторяемый цикл точек = цикл_128)

$NumP := 128$ **(23)**

```
>
> ###    Построение диаграммы
> for i from 1 by 1 to nr do r[i]:=2.6+(i-1)*(4-2.6)/nr; y[0]:=(r
  [i] - 1)/r[i] + eps; f := x -> r[i]*x*(1 - x); for j from 1 by 1
  to Np do y[j] := f(y[j-1]);end do; for j from Np-NumP to Np do
  pic_[j]:=plot(<<r[i]>|<y[j]>>, style=point, symbol=point,
  symbolsize=1, color="Niagara DarkOrchid" ) end do;   pic_part[i]
  := [pic_[n + Np-NumP] $ (n = 1 .. NumP)] end do:
>
> display(pic_part[n] $n = 1 ..nr);
```




```
>
>
>
>
>
>
>
```